

## PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT SISTIM EMPAT BANDUL

Aidil Zamri<sup>1\*</sup>, Yusri Mura<sup>2</sup>, Asmed<sup>3</sup>, Elvis Adril<sup>4</sup>

Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Teknik Manufaktur Politeknik Negeri Padang  
Kampus Limau Manis, Provinsi Sumatera Bar. 25000

\*[zamriaidil@gmail.com](mailto:zamriaidil@gmail.com)

### ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut -Sistem Bandulan (PLTGL-SB) yang rancang-bangunnya berbentuk ponton di tempatkan mengapung di atas permukaan air laut, dan PLTGL-SB tersebut akan mengikuti gerak/arus gelombang sesuai dengan frekwensi gelombang laut, sehingga menyebabkan posisi PLTGL-SB selalu bergerak terombang ambing sesuai dengan alur gelombang. Karena gerakan terombang ambing ponton yang terus-menerus tersebut menyebabkan ayunan bandul yang akan dirubah jadi putaran generator dalam hal ini ada empat bandul, sehingga PLTGL-SB mengeluarkan Energi/Daya Listrik.

Gerakan bandul yang bergoyang dirobah dengan menggunakan sistem transmisi menjadi putaran yang dapat memutar dinamo/generator, dan generator yang digunakan adalah jenis putaran rendah 3 Phase AC dengan daya 500 Watt pada putaran 1400 rpm.

**Kata Kunci:** gelombang laut, ponton, PLTG-SB, energi listrik

### ABSTRACT

*Sea Wave Power Plant – Pendulum System (PLTGL-SB) that the design and downs shaped floating pontoon in place above sea level, and PLTGL-SB will follow the movement / wave currents in accordance with the frequency of waves, thus causing the position PLTGL- SB always moving wandered blindly in accordance with the flow of the waves. Because tottering pontoon movement that constantly causes the swing of the pendulum to be altered so the rotation generator in this case there are four pendulum, so PLTGL-SB issuing Energy / Power.*

*Swaying pendulum motion be changed by using transmissions system that can rotate into round dynamo / generator, and a generator used is a kind of low round 3 Phase AC with 500 Watt power at 1400 rpm rotation.*

**Keywords:** ocean waves, pontoon, SB-power plant, electrical energy

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Sejalan dengan perkembangan dan kemajuan ekonomi, permintaan pasokan energi listrik terus meningkat. Disamping itu juga pemerintah terus berupaya mengurangi pembangkit atau peralatan yang mempergunakan BBM, karena Indonesia sudah menjadi "*Net Oil Importir Country*".

Melihat kondisi tersebut di atas, perlu adanya upaya untuk mengembangkan potensi energi alternatif, terutama energi baru dan terbarukan yang ramah dan akrab lingkungan sehingga bisa sejalan dengan program CDM sebagai tindak lanjut dari "*Protocol Kiyoto*".

Seperti diketahui bahwa Negara Indonesia terletak dilintang khatulistiwa, disamping itu juga Negara Indonesia sebagai negara kepulauan, sehingga sangat banyak potensi energi primer untuk dapat dikembangkan termasuk energi alternatif baru dan terbarukan, baik itu berupa tenaga air (PLTA), tenaga angin (PLTB), tenaga matahari (PLTS), tenaga panas-bumi (PLTP) dan tenaga gelombang-laut (PLTGL).

Indonesia sebagai negara kepulauan dengan luas 1.904.556 km<sup>2</sup> yang terdiri dari; 17.508 pulau, 5,8 juta km<sup>2</sup> lautan dan 81.290 juta km panjang pantai, maka potensi energi laut terutama gelombang laut sangat potensial sekali untuk dapat diberdayakan sebagai energi

primer alternatif baru dan terbarukan terutama untuk pembangkit tenaga listrik.

Sebenarnya Energi Gelombang Laut untuk Pembangkit Energi Listrik bukanlahlah suatu teknologi yang baru, karena pada tahun 1799 ide tersebut pertamakali di-paten-kan oleh Girard & Son dari Prancis. Tapi sejak terjadinya krisis energi pada tahun 1973, di beberapa negara secara intensif melakukan kajian, uji-coba dan pengembangan teknologi Pembangkit Listrik Gelombang Laut (PLTGL) tersebut. Seperti Norway dengan teknologinya Tapchan, Jepang dengan teknologinya Mighty Whale, Scotland dengan teknologinya Pelamis, Denmark dengan teknologinya Wave Dragon, Netherlands dengan teknologinya Archimedes Wave Swing, USA-Washington dengan teknologinya AquaBuoy, USA-Oregon & Colorado dengan teknologinya Floating Platform, USA-California dengan teknologinya Wave Rider, United Kingdom dengan teknologinya Salter Duck, Canada dengan teknologinya Wavemill dan masih ada beberapa negara lagi dengan teknologinya masing-masing.

Melihat kondisi tersebut di atas sesuai dengan topografi Negara Republik Indonesia, **maka Indonesia perlu ambil peranan dalam hal penelitian, uji-coba dan pengembangan energi dari laut tersebut**, karena negara Indonesia adalah negara kepulauan dengan beribu pulau atau lebih dikenal dengan negara maritim, sehingga banyak daerah/wilayah terpencil yang perlu penanganan khusus, termasuk menyediakan daya/energi listrik. Disamping itu mengurangi ketergantungan akan teknologi tersebut, terhadap negara lain.

## 1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan :

1. Untuk mendapatkan suatu teknologi alternatif yg dapat menghasilkan tenaga listrik yang bersih, murah Praktis dan Efisien, karena pembangkit tersebut hanya mengapung dipermukaan laut jadi tidak memerlukan area/lahan khusus dan dapat dipasang dimana saja sesuai gelombang laut yang tersedia dan tidak menimbulkan Polusi.
2. Memanfaatkan energi gelombang laut yang berlimpah.

## 1.3. Urgensi dan Keutamaan Penelitian.

Renewable energi atau energi terbarukan merupakan definisi dari suatu sumberdaya ( energi ) yang yang

terbarui secara alamiah dan dengan jumlah yang tak terbatas jika dikelola dengan baik, seperti sinar matahari, air, angin, biomass, biogas, ombak laut dan geothermal ( panas bumi ). Konsep energi terbarui diperkenalkan pada 1970-an sebagai bagian dari usaha mencoba bergerak menjauhi bahan bakar nuklir dan fosil .

Tahun 2012 adalah Tahun Internasional Energi Terbarukan (*International Year of Sustainable Energy for All*), demikian ditetapkan oleh PBB (Perserikatan Bangsa-Bangsa) dalam Sidang Umumnya bulan Desember tahun 2011. Secara resmi, PBB meluncurkan Program Energi Terbarukan pada 16 januari 2012 silam di ajang *World Future Energy Summit* di Abu Dhabi, Uni Emirat Arab. Target penetapan tahun 2012 sebagai Tahun Internasional Energi Terbarukan adalah pada 2030, semua orang di dunia sudah menggunakan energi dari sumber-sumber terbarukan. Tujuan dari penetapan tahun 2012 sebagai Tahun Internasional Energi Terbarukan adalah guna meningkatkan kepedulian masyarakat dunia pada isu kekurangan energi dan menunjukkan bahwa akses ke energi bersih, aman dan terjangkau bisa meningkatkan kualitas hidup masyarakat.

Dulu, bumi belum dipenuhi manusia sebanyak sekarang dan bahan bakar yang bersumber dari fosil masih melimpah, sehingga kita tidak khawatir dengan isu lingkungan. Tapi sekarang, karena bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batu bara dan gas cair berada di lokasi hutan, laut dan desa yang sebelumnya belum terjamah tereksplotasi dan berada di kedalaman bumi yang lebih dalam dan sulit ditambang, ongkos lingkungannya besar sekali. Sehingga semakin banyak penggundulan hutan, gas-gas sisa penambangan dibakar dan dibuang ke udara (menambah polusi dan menambah efek gas rumah kaca), air tanah tercemar rembesan minyak bumi dan gas, serta pencemaran laut.

Lembaga Energi Internasional (International Energy Agency) memperkirakan, jumlah masyarakat dunia yang kekurangan listrik hanya akan berkurang dari 1,4 miliar pada saat ini menjadi 1,2 miliar pada 2030. Jumlah penduduk yang menggunakan sumber energi tradisional, seperti kayu, sekam, dedaunan dsb, justru akan naik dari 2,7 miliar saat ini ke 2,8 miliar pada 2030. Selain itu, masalah perubahan iklim dan kerusakan lingkungan yang mendunia semakin

menegaskan pentingnya dunia untuk beralih ke energi baru dan terbarukan. Jika PBB saja mempunyai komitmen yang tinggi pada energi terbarukan dengan menetapkan tahun 2012 sebagai International Year of Sustainable Energy for All (Tahun Internasional Energi Terbarukan) bagaimana dengan Indonesia?.

Alam Indonesia sangat kaya dan menyediakan berbagai sumber energi ini dalam jumlah yang sangat besar karena hampir selalu ada dan siap diolah menjadi sumber energi, namun ironisnya, sebuah fakta bahwa hingga saat ini Indonesia belum memanfaatkan secara optimal energi terbarukan yang tersedia dan masih sangat tergantung dengan energi berbahan fosil. Sebanyak 95 persen energi yang digunakan masih berbahan bakar fosil. Padahal pemanfaatan energi terbarukan yang maksimal bisa menjadi solusi krisis energi yang terjadi di Indonesia. Berikut ini adalah berbagai macam energi terbaru yang sudah banyak dimanfaatkan oleh berbagai negara termasuk sebahagian kecil di Indonesia.

a. Energi Matahari.

Energi yang dikumpulkan langsung dari cahaya matahari dengan memakai alat solar cell, suatu teknologi merubah cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan photovoltaics

b. Energi angin

Tenaga angin sumber energy ini telah digunakan selama beberapa ratus tahun. Ini pada awalnya digunakan melalui layar besar yang biasa dikenal dengan sebutan kincir angin yang bergerak lambat, seperti yang terlihat banyak di negeri Belanda

c. Energi Air

Energi air dapat digunakan dalam bentuk gerak atau perbedaan suhu. Karena air ribuan kali lebih berat dari udara, maka aliran air yang pelan pun dapat menghasilkan sejumlah energi yang besar. Energi ini dapat diubah menjadi listrik melalui peralatan turbin.

d. Energi Panas Bumi ( Geothermal )

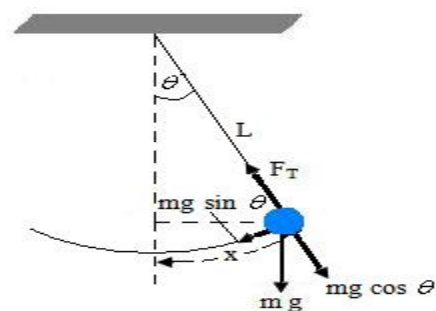
Istilah 'panas bumi' digunakan untuk energi panas yang berasal dari perut bumi. Semakin ke bawah (semakin dalam dari tanah), bumi semakin panas. Akan tetapi, suhu bumi ini berbeda-beda tergantung letaknya secara geografi.

Pemanfaatan sumber energi terbarukan di negara kita masih pada tingkatan “ komitmen kecil” ini terbukti

dengan Keputusan Presiden Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional. Dalam keputusan tentang rencana induk penggunaan energi di Indonesia itu disebutkan bahwa pada 2025 ditargetkan konsumsi energi yang digunakan di Indonesia, 30 % menggunakan gas alam, 33 % menggunakan batu bara, 20 % menggunakan minyak bumi, 5 % menggunakan biofuel (biodiesel dan bioetanol), 5 % panas bumi, 5 % air, dan sisanya sumber energi lainnya. Dapat kita bayangkan bahwa saat PBB menargetkan pada 2030 dunia harus sudah berganti ke sumber energi terbarukan, maka Indonesia sampai 2025 masih akan menggantungkan 83 persen energinya pada sumber-sumber konvensional. Mungkin karena itu pula, kampanye PBB tentang Tahun Internasional Energi Terbarukan gaungnya nyaris tak terdengar di Indonesia.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.

### 2.1. Tinjauan Teoritis



Gambar.1 Bandul Matematis

Ayunan matematis merupakan suatu partikel massa yang tergantung pada suatu titik tetap pada seutas tali. Dari gambar diatas, terdapat sebuah beban bermassa  $m$  tergantung pada seutas tali sepanjang  $l$  dan massa talinya dapat diabaikan. Apabila bandul itu bergerak dengan membentuk sudut  $\theta$ , gaya pemulih bandul tersebut adalah  $mg \sin \theta$ . Secara matematis dapat dituliskan :

$$F = mgsin\theta$$

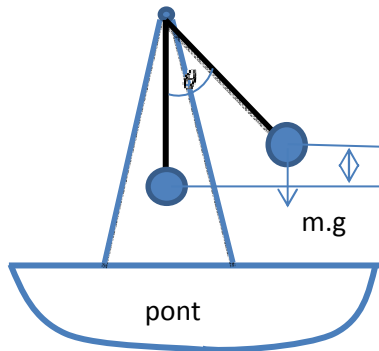
Oleh karena ,  
maka :

$$\sin\theta = \frac{y}{l}$$

$$F = -mg \frac{y}{l}$$

Kalau pada Bandul matematis bandulnya digantung dengan seutas tali danganerakan bandul

berasal dari gaya awal yang dikenakan pada bandul.



Gambar.2 Sistem bandul penggerak tenaga listrik

Bandul yang digunakan pada pembangkit listrik ini digantung dengan lengan baja gambar 2 sehingga poros dari lengan akan dapat berputar bolak balik dan bandul dipasang diatas sebuah ponton. Gerakan bandul berasal dari gerakan ponton yang bergerak terombang ambing akibat adanya gelombang air laut. Semakin tinggi gelombang laut yang mengenai ponton maka ponton akan semakin miring yang mengakibatkan sudut  $\theta$  juga akan semakin besar. Gaya mekanik yang dihasilkan juga akan semakin besar. Gaya  $F$  yang diperoleh dari ayunan bandul inilah yang diharapkan akan dapat diroboh menjadi energi listrik. Gerakan bolak balik dari bandul akan diroboh menjadi gerak putaran melalui suatu mekanisme. Putaran yang dihasilkan tentunya akan lambat tetapi memiliki Momen Torsi yang besar, dengan menggunakan sistem transmisi dan roda gila atau *Fly Wheel* putaran tersebut dinaikan mencapai putaran kerja dari generator/dinamo sehingga generator/dinamo akan menghasilkan energi listrik yang diharapkan.

Jika bandul dengan masa  $m$  bergerak dari posisi A ke posisi B menempuh sudut sebesar  $\theta$  maka akan ada perbedaan ketinggian sebesar  $h$ . Dengan anggapan perubahan posisi tersebut akibat jatuh bebas maka bandul akan bergerak dari A ke B dengan kecepatan

$$V_{\text{bandul}} =$$

Torsi  $T$  yang ditimbulkan adalah:

$$T = F.l$$

$$T = m.g.l$$

Semakin besar masa bandul dan semakin besar panjang lengan bandul torsi yang dihasilkan juga akan besar. Bila lengan bandul diperbesar artinya konstruksi akan semakin tinggi, maka

untuk mendapatkan torsi yang besar dibuat masa bandul lebih besar.

### Menghitung Energi Gelombang

$$P = \frac{H_s^2 T_e}{2}$$

$H_s$  = Significant wave height

$T_e$  = avg time between upward movements across mean (s)

$P$  = Power in kW per meter of wave crest length

Example:  $H_s^2 = 3\text{m}$  and  $T_e = 10\text{s}$

$$P = \frac{H_s^2 T_e}{2} = \frac{3^2 \times 10}{2} = 45 \frac{\text{kW}}{\text{m}}$$

Bandul akan bergoyang diakibatkan oleh gelombang, frekwensi gelombang laut juga sangat menentukan terhadap besarnya gaya yang dihasilkan. Frekwensi gelombang laut bervariasi di setiap daerah dan dipengaruhi oleh kecepatan hembusan angin diatas permukaan laut.

Pada sistem pembangkit ini akan menggunakan empat bandulan untuk menghasilkan putaran yang lebih besar dan lebih stabil.

## BAB 3. HASIL PENELITIAN.

### 3.1. Hasil Penelitian Tahun Pertama

Pada tahun pertama penelitian ini sudah berhasil dibuat sebuah ponton yang dilengkapi dengan empat bandul yang dapat bergoyang ketika ponton digerakkan. Gerakan bandul yang berayun diroboh menjadi gerakan berputar melalui sistem mekanik ratchet. Keempat bandul memberikan gerakan putar pada poros utama secara bergantian, sehingga putaran pada poros hampir konstan.

### 3.2. Hasil Sementara Penelitian Tahun Kedua

Pada tahun kedua ponton dilengkapi dengan empat pelampung sehingga pengaruh gelombang laut terhadap goyangan ponton lebih maksimal. Dan dilengkapi dengan sistem transmisi kedua untuk meneruskan putaran poros utama ke dinamo/generator sekaligus



mempertinggi putaran pada dinamo/generator tersebut.

Generato yang digunakan adalah generator jenis putaran lambat 3 phase AC dengan daya maksimum 500 Watt pada putaran 1400 rpm.

Arus AC ini dirobah dengan sebuah adaptor menjadi arus DC sehingga dapat digunakan untuk pengisian/chargeer accu atau batere. Dan arus yang sudah tersimpan di accu/batere dengan sebuah inverter kembali dirobah dan dinaikan menjadi AC 220 volt.

Dari hasil uji coba didarat, dengan menggoyangkan ponton secara manual maka didapat putaran lebih kurang 90 rpm. Dan dari hasil pengukuran dihasilkan Arus sebesar 1,2 - 1.6 Ampere dengan Voltase antara 18 - 24 Volt.

Dengan menggunakan rumusan:

$$P = V \times A$$

Dimana; P = Daya (watt)

V = Voltase (volt)

A = Ampere (A)

Maka dari rumusan tersebut didapat daya rata-rata sebesar:

$$1,3 \text{ A} \times 24 \text{ Volt} = 31,2 \text{ watt.} \Rightarrow 30 \text{ Watt.}$$



Gbr. Ponton lengkap saat akan di uji coba.



Gbr. Hasil Pengujian dengan digoyang manual, menghasilkan listrik 1,2 A 24 Volt.



Gbr. Pengujian untuk pengisian accu/batere.

Pengujian berikutnya akan dilakukan real di pantai dengan memanfaatkan ombak/gelombang laut. Mudahan didapat daya yang lebih besar.

#### Daftar pustaka:

Harian Kompas, *Produsen Minyak Perlu Bantu Riset Energi Terbarukan*, Kelompok Gramedia, Jakarta, 18 Juni 2003;

Harian Sinar Harapan, *Sumber Energi Terbarukan Mahal, Tapi berwawasan Masa Depan*, Penerbit Sinar Harapan, Jakarta, 2 Juni 2003;

Majalah Teknologi, *Konservasi dan Diversifikasi Energi*, PT. Darma Yasamas Teknindo, Jakarta, Oktober 1999;

Majalah Teknologi, *The Golden Triangle Teknologi Nasional*, PT. Darma Yasamas Teknindo, Jakarta, Mei 1999;

Southwest Windpower, *Owners manual: Installation, Operation and Maintenance*, Southwest Windpower, Inc., Arizona, 2001;

Saka, R. C. S., "Tarif Listrik Menjelang Abad XXI", *Makalah: Seminar Nasional Pengembangan SDM Teknik Elektro Menyongsong Abad 21*, 30-31 Oktober, Teknik Elektro Unhas, Ujungpandang, 1995;

White F.M., *Mekanika Fluida*, Jilid 2, Edisi Kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1988

Sato.G.Takeshi,H.N.Sugiarto,(1994).*Menggambar Mesin*. Paradnya Paramita;

Jakarta.

Stolk.Jack,Ir,Kros.C,Ir,(1994).*Elemen  
Konstruksi Bangunan Mesin*.  
Erlangga; Jakarta.

11. Popov.E.P,(1996).*Mekanika teknik edisi  
kedua*.Erlangga;Jakarta.Kadir, Abdul.  
1995. *Energi Sumber Daya Inovasi,  
Tenaga Listrik, danPotensi Ekonomi*.  
Jakarta : UI Press.